Jb. nass. Ver. Naturkde. **131** S. 53–76 4 Abb. 4 Tab. Wiesbaden 2010

Silbergehalt von Bleierz (Bleiglanz) und Fahlerz aus dem Taunus und der Lahnmulde

Günter Sterrmann

Taunus, Lahnmulde, Bergbau, Verhüttung, Bleiglanz, Fahlerz, Silber, Analytik

K u r z f a s s u n g : Nachweislich von der Römerzeit (2. - 3. Jh. n. Chr.) bis in die Hälfte des 20. Jh. (1963) wurde im Taunus und Lahnmulde zwecks Gewinnung von Silber umfangreicher Bergbau auf silberhaltige Blei- und Kupfererze betrieben. Der Autor beschreibt Geologie, Bergbau, Aufbereitung, Verhüttung, Verwendung, Mineralogie und besonders die Analytik der Erze (Fahlerz und Bleiglanz).

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Beginnend mit den Römern nachweislich im 2. und 3. Jh. nach Chr. bis in die 60er-Jahre des letzten Jahrhunderts wurden im Taunus und in der Lahnmulde blei-, kupfer-, zink- und silberhaltige Erze abgebaut. Die Gewinnung des wertvollen Silbers stand dabei im Vordergrund.

Zielsetzung dieses Beitrages ist es, zunächst kurz auf die geologischen Verhältnisse einzugehen, die für die Entstehung der Erze maßgebend sind. Dann werden ausführlich die Lokalitäten, an denen früher Bergbau umging, und anschließend die Aufbereitung und Verhüttung der Erze zwecks Silbergewinnung beschrieben.

Schwerpunkt dieses Aufsatzes ist die Beschreibung der Mineralogie der Erze und ihrer teilweise sehr aufwendigen Analytik, Dabei werden nicht nur ältere analytische Daten herangezogen, sondern auch modernere Befunde präsentiert, die der Autor im Zusammenhang mit seiner früheren dienstlichen Tätigkeit initiierte.

2 Geologie (Taunus und Lahnmulde)

Geologisch wird der Taunus in drei Großeinheiten gegliedert: im Süden die Vordertaunus-Einheit, in der Mitte der Taunuskamm und im Norden die Hintertaunus-Einheit; daran schließt sich weiter nördlich die Lahnmulde an.

Entstanden ist der Taunus hauptsächlich aus Gesteinen des Devons und Vordevons. In der anschließenden Karbonzeit erfolgte durch tektonische Vorgänge die variskische Gebirgsbildung (Auffaltung der Sedimente, vulkanischen Gesteine und Riffkalke zum Gebirgsstock). Dabei entstanden in Spalten durch hydrothermale Vorgänge große gangförmige Buntmetallerzgänge.

Im Westtaunus und in der unteren Lahnmulde kommen in den unterdevonischen Sedimentgesteinen (Hunsrückschiefer, Emsgesteine) große sulfidische Erzgänge vor, die ein generelles Streichen von Nordost nach Südwest aufweisen (Wagner et al. 1998). Sie erstrecken sich über mehrere Kilometer Länge bei Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern bis zu 2 - 3 m in mehreren Gangzügen.

Die Spaltenfüllungen bestehen hauptsächlich aus den Buntmetallsulfiden Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies, außerdem untergeordnet Fahlerz, Pyrit und gering vorkommende Nickelsulfide; die Gangart besteht hauptsächlich aus Quarz und wenig Siderit und Ankerit.

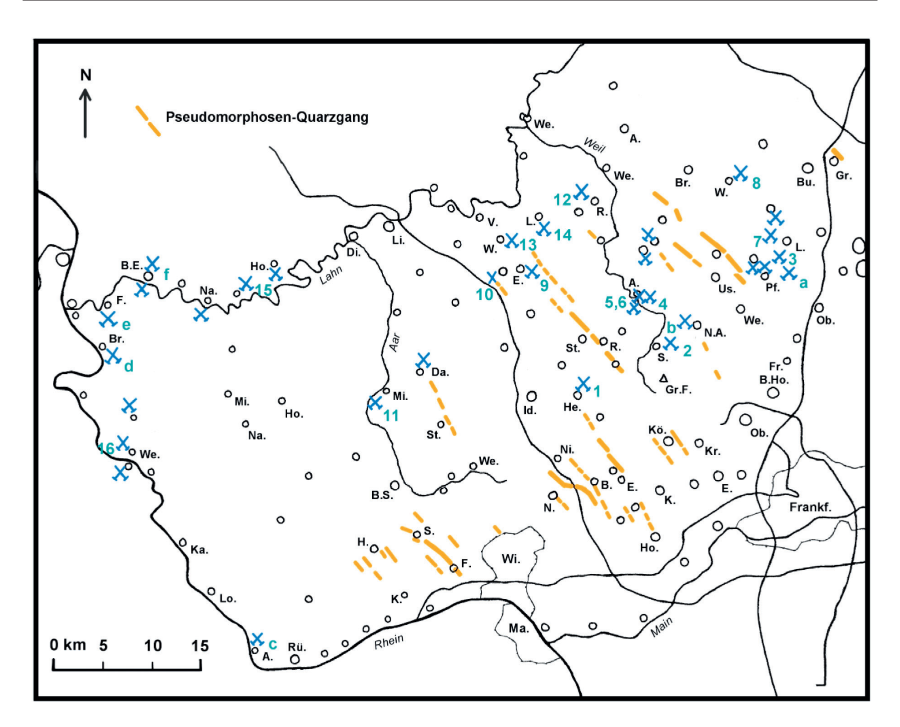
Wesentliche Bergwerke waren die Emser Gruben (Merkur/Neuhoffnung, Bergmannstrost), Grube Rosenberg/Königsstiel bei Braubach, Grube Friedrichssegen bei Lahnstein, Grube Gute Hoffnung bei Wellmich (rechtsrheinisch) und Werlau (linksrheinisch) und Grube Holzappel bei Laurenburg.

In der östlichen Lahnmulde (östlicher Lahntaunus) treten mächtige Ankerit/Calcit-Quarzgänge mit Erzfüllung von Fahlerz, Rotgültigerz, Bleiglanz und Kupferkies auf. Sie sind entweder noch während der variskischen Gebirgsbildung oder danach entstanden und weisen teilweise Streichrichtungen von Nordost nach Südwest, aber auch unregelmäßige Streichrichtungen auf (Jakobus 1993). Bedeutende Bergwerke waren die Grube Mehlbach bei Weilmünster-Rohnstadt, die Grube Altermann bei Langhecke und die Grube Alte Hoffnung bei Weyer.

Anschließend an die variskische Gebirgsbildung im Karbon kam es in der Perm- bis zur Tertiärzeit durch tektonische Vorgänge zur Dehnung und Hebung des Taunus; dabei entstanden viele Längs- und Querspalten, die bis zu mehrere Kilometer lang waren.

Durch hydrothermale Vorgänge entstanden die großen postvariskischen Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge und die meist kleineren, an Quarz gebundenen postvariskischen Buntmetallerzgänge.

Die großen postvariskischen Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge (und kleinere Parallelgänge) sind in den letzten Jahren mehrfach beschrieben worden (Kirnbauer 1998a,b, Sterrmann 2006, Sterrmann & Heidelberger 2009a,b). Sie weisen eine generelle Streichrichtung von Nordwest nach Südost auf und enthalten nur an wenigen Stellen sulfidische Buntmetallerze, die dann Gegenstand des Bergbaues waren (unterirdische Vorkommen): Grube Heftrich/Hannibal bei Heftrich, Grube Silbergaut bei Emmershausen, Grube Haus Nassau bei Daisbach.



Blei-Silber-Kupfererzgruben:

1. Gr. Heftrich/Hannibal b. Heftrich
2. Gr. Faulenberg b. Schmitten
3. Gr. Hubertus b. Ziegenberg
4. Gr. Bleizeche b. Altweilnau
5. Gr. Bleizeche I b. Altweilnau
6. Gr. Königsholz b. Altweilnau
7. Gr. Auguste IV b. Wernborn
8. Gr. Silbersegen b. Weiperfelden
9. Gr. Vereinigung b. Eisenbach
10. Quarzvorkommen b. Nieder-Selters
11. Gr. Streitlay b. Michelbach/Aar
12. Gr. Mehlbach b. Rohnstadt
13. Gr. Alte Hoffnung b. Weyer
14. Gr. Altermann b. Langhecke
15. Gr. Holzappel b. Holzappel
16. Gr. Gute Hoffnung b. Wellmich

a. Kaisergrube b. Pfaffenwiesbach
b. Gr. Steinergrund b. Rod am Berg
c. Gr. Silberberg b. Assmannshausen
d. Gr. Rosenberg/Königsstiel b. Braubach
e. Gr. Friedrichssegen b. Lahnstein
f. Gr. Merkur/Neuhoffnung b. Bad Ems

Abbildung 1: Lage der beschriebenen Blei-Silber-Kupfererzgruben und Pseudomorphosen-Quarzgänge im Taunus und in der Lahnmulde.

Auch das Vorkommen der Grube Silberberg bei Assmannshausen und die oberflächennahe Vererzung des Gangquarzvorkommens bei Nieder-Selters sind hier einzuordnen. Die sulfidische Erzführung besteht hauptsächlich aus Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz, untergeordnet aus Zinkblende, Kupferglanz und Pyrit.

Die kleineren postvariskischen Buntmetallerzgänge kommen im gesamten Taunus vor; Anhäufungen („Gangschwärme") befinden sich im Osttaunus im Gebiet von Usingen: Kaisergrube, Gruben Jeanette, Heinrich, Hubertus, Wundertshecke, Auguste IV und Philippseck sowie im Gebiet von Altweilnau: Gruben Emilie II, Königsholz, Bleizeche und Bleizeche II. Weitere bedeutende Gruben

im Osttaunus waren die Grube Faulenberg bei Schmitten und die Gruben Amalie und Silbersegen bei Espa-Weiperfelden.

Im Goldenen Grund befanden sich die Gruben Vereinigung und Neue Hoffnung II bei Eisenbach; im Westtaunus lagen im Aartal die Gruben Streitlai und Albertsberg.

Die Gangart besteht hauptsächlich aus Quarz (dichter Quarz, Kappenquarz, Kokardenquarz), außerdem kommen anteilig Karbonate (Calcit, Dolomit, Ankerit) vor; die sulfidischen Erze bestehen hauptsächlich aus Bleiglanz und Kupferkies, außerdem Fahlerz und Pyrit, seltener Zinkblende (Jakobus 1993).

Die genannten Gruben sind in der Karte (Abb. 1) lagemäßig dokumentiert.

3 Bergbau, Erzaufbereitung, Verhüttung und Verwendung

Von der Antike bis in die Mitte des 19. Jh. hatte die Gewinnung des Silbers Vorrang vor der des Kupfers oder des Bleis; Zink konnte erst ab 1781 als Metall dargestellt werden (Messing war jedoch schon in der Römerzeit bekannt und wurde unter Verwendung von Galmei (hauptsächlich Zinkspat) hergestellt). Verwendung fand das Silber zur Herstellung von Schmuckgegenständen, Tafelsilber, Sakralgegenständen und vor allem als Münzmetall.

3.1 Bergbau

Der Abbau der zur Gewinnung des Silbers erforderlichen Erze wurde bereits von den Römern durchgeführt. So belegen archäologische Funde aus dem 2. und 3. Jh. n. Chr. die Bleierzgewinnung und Verhüttung im unteren Lahngebiet (Gruben bei Bad Ems und Friedrichssegen). Vermutlich auch bei Holzappel und am Limes im Osttaunus (Kaisergrube) waren die Römer bergbaulich tätig.

In der ersten Bergbauperiode in Deutschland von 950 - 1450 n. Chr. fand ebenfalls Abbau in Gruben im unteren Lahngebiet und am Rhein statt (urkundliche Erwähnung der Emser Gruben 1158, der Grube bei Friedrichssegen 1209, der Gruben bei Braubach 1301), vermutlich auch bei Holzappel und in Gruben im östlichen Lahntaunus (bei Langhecke und Weyer).

In der zweiten Bergbauperiode von 1450 - 1650 fand, teilweise mit großen Unterbrechungen, in den Gruben an der unteren Lahn (bei Holzappel 1535 datiert), am Rhein (Gruben bei Braubach und Wellmich/Werlau), außerdem in Gruben im östlichen Lahntaunus (Gruben bei Weilmünster, 1495 erwähnt, Grube Altermann, urkundlich 1644 erwähnt, und Grube Alte Hoffnung) Bergbau statt, ebenfalls im Osttaunus (Gruben Faulenberg, Philippseck, Silbersegen, Emilie II und Königsholz). Im Dreißigjährigen Krieg (1618 - 1648) ruhte der Bergbau weitgehend.

In der dritten Bergbauperiode von 1650 - 1800 wurde umfangreicher Bergbau in den Gruben am Rhein, an der unteren Lahn, im östlichen Lahntaunus, im Goldenen Grund und im Osttaunus betrieben. In diese Zeit fällt auch die Prägung von Ausbeutemünzen (s. u.).

Die vierte Bergbauperiode von 1800 - 1900 fällt mit der Industrialisierung zusammen; dabei kamen im Bergbau Maschinen zum Einsatz (Dampfmaschine, Wassersäulen-Maschine, Hydrokompressor, Druckpumpe, Pressluft-Bohrmaschine).

Neben den schon oben genannten Gruben am Rhein, in der unteren Lahnmulde und dem östlichen Lahntaunus kamen im Osttaunus neue Gruben hinzu (Gruben Heinrich, Jeanette, Auguste IV, Wundertshecke und Hubertus); viele Gruben wurden jedoch wegen Unwirtschaftlichkeit im 19. Jh. stillgelegt.

Aus den großen Gruben am Rhein und der unteren Lahnmulde wurden neben den Blei-, Silber- und Kupfererzen auch Zinkerze verwertet, die früher (bis ca. 1820) auf die Halden gekippt wurden.

In der fünften Bergbauperiode von 1900 - 1963 (Neuzeit) kam es zum Niedergang des Metallerzbergbaues im Taunus und in der Lahnmulde. Die großen Gruben am Rhein und an der Lahn waren teilweise noch nach dem 2. Weltkrieg in Betrieb gewesen, so die Grube Holzappel bis 1952, Grube Friedrichssegen bis 1957 (Aufbereitung von Haldenerz), Grube Gute Hoffnung bis 1961 und Grube Rosenberg/Königsstiel bis 1963. Grund für die Stilllegung waren der kostenintensive Tiefbergbau und der Preisverfall der Metalle seit 1960.

Die Gruben im östlichen Lahntaunus wurden schon Anfang des 20. Jh. wegen Unergiebigkeit geschlossen (Grube Mehlbach um 1902, Grube Altermann um 1911).

Im Osttaunus kamen zu Beginn des 20. Jh. neue Gruben hinzu, die jedoch nur kurze Zeit in Betrieb waren und spätestens bis 1925 geschlossen wurden. Es sind dies die Gruben Steinergrund (Versuchsbergbau), Bleizeche/Bleizeche I und Heftrich/Hannibal. Gruben, die noch im 19. Jh. in Betrieb waren, wurden ebenfalls geschlossen.

In der Römerzeit erfolgte der Erzabbau oberflächennah in Schürfen, Löchern und kleinen Schächten mit der Hand, die Erze wurden in ledernen Säcken herausgetragen.

Im Mittelalter baute man in Haspelschächten ab. Die Förderung erfolgte mit Seil und Kübel durch Förderleute mit der Hand; später, mit zunehmender Schachttiefe, mit Göpel (im Kreis laufende Pferde). Außerdem wurden in Handarbeit mit Hammer und Schlegel Stollen in den Berg getrieben, um das in den Berg zulaufende Wasser abzuleiten und das Erz zu fördern. Seit dem 17. Jh. wurde mit Schießpulver (Schwarzpulver) gesprengt, nach 1866 auch mit Dynamit.

Die Förderung wurde seit dem Hochmittelalter mit Förderwagen (Hunte) betrieben, die auf hölzernen Dielen liefen; später liefen die Förderwagen auf eisernen Schienen und wurden anfangs durch Menschenhand oder Grubenpferde gezogen, im 19. Jh. durch Maschinen (Kettenbahnen, Seilzüge, später Lokomotiven).

Die Beleuchtung in den Bergwerken erfolgte in der Römerzeit mit tönernen Öllampen und Kienspänen, später seit dem Mittelalter mit dem Öl-Frosch. In der Neuzeit kommt die Karbid-Lampe, die im Vergleich zu den Öllampen ein sehr helles Licht lieferte, zum Einsatz, die später (nach dem 2. Weltkrieg) durch die elektrische Kopf-Akkulampe abgelöst wurde.

In früheren Zeiten erreichte die Tiefe der Schächte wegen der Wasserführung lediglich Grundwasserniveau. Bei Unterschreitung wurde das anfallende Wasser mit Eimern oder Kübeln herausgezogen; später kamen dazu handbetriebene Hubpumpen zum Einsatz. Erst seit dem 19. Jh. ging man zum Abbau in größere Tiefen (Tiefbauschächte) über. Dabei kamen Maschinen wie Wassersäulen-Maschinen und mit Dampfmaschinen betriebene Druckpumpen zur Wasserhe-

bung in den Schächten zum Einsatz, außerdem Hydro-Kompressoren zur Lufterzeugung (für Frischluft und Betrieb von Pressluft-Bohrmaschinen). Mit Beginn des 20. Jh. verdrängte der Elektromotor die alten Antriebsmaschinen.

In den großen Gruben im unteren Lahngebiet und am Rhein erreichten die Schächte dann Tiefen von mehr als 1.000 m, so der Seitrichschacht der Grube Merkur/Neuhoffnung rd. 900 m Tiefe und der Stephanschacht der Grube Holzappel rd. 1.070 m Tiefe. Die Gruben in der östlichen Lahnmulde besaßen weit weniger tiefe Schächte, so waren der Davidschacht der Grube Altermann 130 m und der Maschinenschacht der Grube Mehlbach 125 m tief.

Im Osttaunus und im Goldenen Grund waren die Schächte wegen der Wasserführung nicht allzu tief (< 100 m), lediglich der Maschinenschacht der Kaisergrube und der Maschinenschacht der Grube Heftrich/Hannibal erreichten Tiefen von 120 m bzw. 110 m.

Über die Erzfördermengen liegt von den großen Gruben am Rhein und an der unteren Lahn umfangreiches Zahlenmaterial vor (Slotta 1983, Herbst 1987, Herbst & Müller 1993). So betrugen die Fördermengen der Emser Gruben im Zeitraum 1875 - 1948 rund 6,6 Mio. t Roherze (= ca. 1,2 Mio. t Blei,- Zink- und Kupferkonzentrate), der Grube Rosenberg/Königstiel von 1854 bis 1927 rund 1,25 Mio. t Roherze, von 1952 bis 1963 132.000 t Roherze (= 39.000 t Erzkonzentrate). Die Förderung der Grube Holzappel erreichte 1751 - 1952 rund 5 Mio. t Roherze (= ca. 1 Mio. t Erzkonzentrate).

Von den Gruben in der östlichen Lahnmulde liegen nur teilweise Zahlenangaben vor (Wenckenbach 1879, Kuhnigk 2000); so förderte die Grube Altermann nach 1704 rund 150 t Erze, von 1751 bis 1755 rund 600 t Erze (Blei- und Fahlerze) und die Grube Alte Hoffnung von 1828 bis 1844 rund 770 t Erze.

Von den Gruben im Osttaunus und Goldenen Grund gibt es nur wenige, teilweise sogar widersprüchliche Angaben, lediglich von der Grube Heftrich/Hannibal, der Kaisergrube und der Grube Hubertus liegen zuverlässigere Angaben vor (Einecke 1932, Köbrich 1936); so förderten die Grube Heftrich/Hannibal im Zeitraum 1912 - 1923 rund 1.600 t Blei- und Kupfererze, die Kaisergrube von 1856 bis 1863 rund 800 t Erze, von 1884 bis 1887 rund 600 t Blei- und Fahlerze und die Grube Hubertus von 1896 bis 1902 150 t (oder 165 t) Bleierze.

Die übrigen kleineren Gruben lieferten in den jeweiligen Abbauperioden nur geringere Erzmengen, die meistens unter 100 t lagen, z. B. Gruben von Altweilnau, Grube Faulenberg und Grube Vereinigung.

3.2 Erzaufbereitung

Die Aufbereitung der Erze zur Verhüttung erfolgte an oder in der Nähe der jeweiligen Grube; es gab jedoch eine zentrale Erzaufbereitung in der Silberau bei Bad Ems, die zur Aufbereitung der Erze aus den umliegenden Gruben diente.

Die Aufbereitung hat im Laufe der Geschichte mehrere technische Entwicklungsstufen durchlaufen, zuerst das Klauben (Auslesung der Erze in Handarbeit, meist von Kindern, Frauen, Invaliden) und Pochen (Zerkleinern des Fördergutes mit der Hand mittels Fäustel). Später entstanden Pochwerke (Trockenpochwerke), die durch Wasser angetrieben wurden, und die Erzwäsche (Anreicherung des zer-

kleinerten Materials über das spezifische Gewicht mit Wasser). Seit dem 16. Jh. kamen Nasspochwerke zum Einsatz. Im 19. Jh. wurden modernere Techniken in der Aufbereitung eingesetzt, so Sieb- und Setzmaschinenanlagen. Im 20. Jh. kam neben nassmechanischen Verfahren das Flotationsverfahren (Aufschwimmverfahren) zum Einsatz; dieses stellt ein Verfahren zum Auftrennen von Blei- Zink- und Kupfererzen (fein aufgemahlen) mittels Luftaufschäumung unter Zuhilfenahme von Chemikalien (z. B. Xanthogenate) dar und wird auch heute noch angewendet. Neben der schon oben erwähnten Zentralaufbereitungsanlage in der Silberau (bis 1959 in Betrieb) gab es große Aufbereitungsanlagen in Braubach (bis 1963 in Betrieb), in Friedrichssegen (bis 1957 in Betrieb) und in Laurenburg/Lahn (bis 1954 in Betrieb).

Die kleineren Gruben in der östlichen Lahnmulde, im Goldenen Grund und im Osttaunus hatten weniger aufwendige Aufbereitungsanlagen (Poch- und/oder Waschwerke) meist nahe an der jeweiligen Grube am Bach.

3.3 Verhüttung

Die Verhüttung zur Gewinnung von Silber hatte von der Antike bis zur Mitte des 19. Jh. Vorrang vor der des Kupfers und des Bleis.

Sie erfolgte in Schmelzen und Hütten, die meistens in der Nähe der jeweiligen Gruben lagen. So gab es im unteren Lahngebiet bei Bad Ems die Schmelzhütte Pfingstwiese (von 1789 bis 1925 in Betrieb) und die Holzappeler Hütte (1769 - 1900), im östlichen Lahntaunus die Klein-Weinbacher Schmelze (vor 1730 bis 1782), die Langhecker Hütte (vor 1615 bis 1802 mit Unterbrechungen in Betrieb) und die Weyerer Hütte (schon 1665 genannt).

Im Osttaunus befanden sich kleinere Schmelzen, so die Hundstaller Schmelze (im 18. Jh.), die Silber-Schmelze im Weihersgrund bei Schmitten (um 1778) und die Schmelze bei Weiperfelden (nach 1703).

Die bekannteste Hütte war jedoch die Blei- und Silberhütte in Braubach am Rhein (Abb. 2). Sie wurde 1691 gegründet und anschließend unter verschiedenen Betreibern genutzt, so auch nach 1923 unter der Metallgesellschaft/Frankfurt. Die Jahresproduktion im Jahre 1909 lag bei rund 25.000 t Blei und ca. 30 t Silber (David 1987).

Verarbeitet wurden einheimische Erze aus den Gruben am Rhein und der unteren Lahn bis zur Schließung der letzten Grube 1963. Außerdem wurden Erze aus den Gruben des östlichen Lahntaunus (Grube Mehlbach und Altermann) und aus dem Osttaunus und dem Goldenen Grund (Grube Heftrich/Hannibal, Gruben bei Altweilnau) im 19. und 20. Jh. bis zur Schließung der letzten Gruben um 1923 mit verhüttet.

Nach 1963 bis 1977 wurden nur noch Importerze aus dem Ausland verarbeitet, nach 1977 erfolgte ausschließlich die Aufarbeitung von Altmetallen und seit 1984 die zentrale Akkuschrottaufbereitung (BSB Recycling GmbH, zur Berzelius Metall GmbH gehörend).

Fördererze aus der Kaisergrube im Osttaunus wurden nach 1856 in der Bleihütte Binsfeldhammer in Stolberg bei Aachen verhüttet. Diese wurde 1846 gegründet, 1848 von der Eschweiler Gesellschaft für Bergbau und Hütten in Stolberg über-

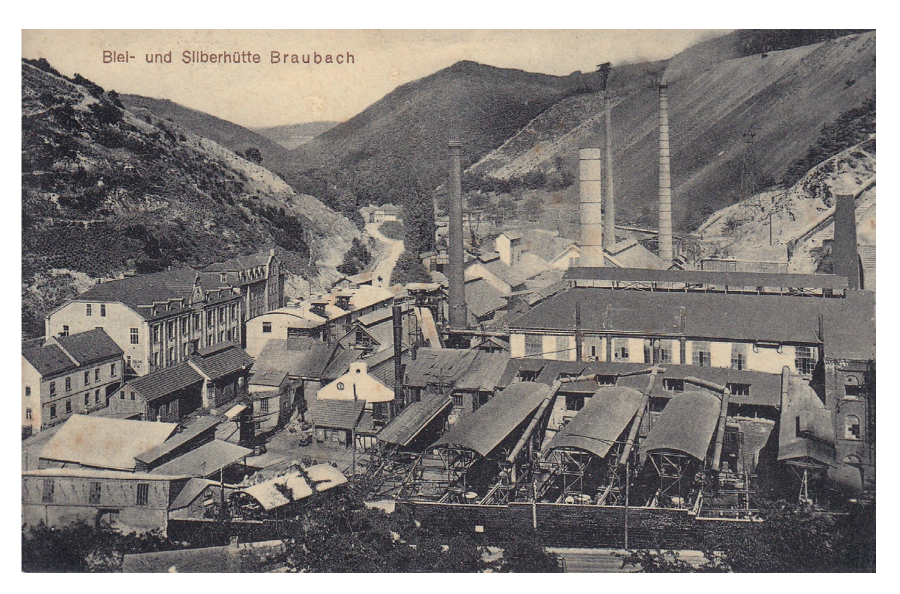


Abbildung 2: Blei- und Silberhütte Braubach am Rhein (Historische Ansichtskarte von ca. 1910).

nommen und ging nach 1926 in Besitz der Stolberger Gesellschaft über. 1970 erfolgte die Übernahme durch die Berzelius Metallhüttengesellschaft/Duisburg (zur Metallgesellschaft/Frankfurt gehörend). Heute wird die Hütte als Berzelius Bleihütte (BBH) Stolberg von der Berzelius Metall GmbH betrieben und ist eine der modernsten Bleihütten weltweit: Sie dient der Produktion von Blei und Bleilegierungen, Schwefelsäure, Güldensilber (gold- und platinmetallhaltiges Silber) und Kupfer-Bleistein nach dem modernen QSL-Verfahren (s. u.). Die Jahresproduktion der Hütte beträgt rund 150.000 t Blei und Bleilegierungen und ca. 300 t Silber (Angaben von der Berzelius Metall GmbH, Homepage).

Verhüttet wurden in den Hütten silberhaltige Bleierze aus den Gruben des unteren Lahngebietes und des Rheingebietes mit Silbergehalten von 0,05 - 0,1 % (nach Angaben der Hütten). Dabei wurden insgesamt aus den Gruben des Emser Gangzuges (Gruben Mercur/Neuhoffnung, Bergwerkstrost, Friedrichssegen, Rosenberg/Königsstiel) rund 200 t Silber produziert (Herbst & Müller 1993), aus der Grube Holzappel rund 135 t Silber (Herbst 1987) und aus der Grube Gute Hoffnung rund 50 t Silber (Slotta 1983).

Aus den Gruben der östlichen Lahnmulde (Gruben Mehlbach, Altermann und Alte Hoffnung) wurden bevorzugt silberhaltige Fahlerze (Silbergehalte 0,3 - 1,3 %) und Bleierze mit geringeren Silbergehalten verhüttet. Vermutlich wurden in früheren Zeiten auch hochsilberhaltige Rotgültigerze (bis 65 % Silber) mit verhüttet, die nur in geringen Mengen vorkamen. So wurden nach alten Akten in der Grube Altermann nach 1704 neben rund 3.000 Zentnern (ca. 150 t) Blei- und Fahlerze auch 269 Pfund (ca. 2,5 Zentner) Rotgültigerze gefördert (Wenckenbach 1879). Über die Produktionsmengen von Silber liegen keine zuverlässigen Angaben vor.

Die Bleierze aus den Gruben im Goldenen Grund und Osttaunus sind im Normalfall silberarm (250 - 350 g/t), waren daher zur Silbergewinnung nicht geeignet und wurden als Glasurerze (für Töpfereien) verwendet. Kamen jedoch neben Bleierzen auch silberhaltige Fahlerze vor, so wurden diese zusammen zur Blei-, Kupfer- und Silbergewinnung verhüttet: Erze aus den Gruben Heftrich/Hannibal, Faulenberg, Kaisergrube, Philippseck und Silbersegen. Aus den Erzen der Grube Heftrich/Hannibal wurden dabei insgesamt rd. 1,5 t Silber produziert (geschätzt über die jeweiligen Erzfördermengen von 1912 bis 1923).

Anschließend wird die Silber-Gewinnung, die vom Altertum bis ca. 1850 erfolgte, dargestellt (nach Spruth 1974 und Hrabánek 2002).

Das Prinzip ist, dass sich bei der Schmelze von silberhaltigen Erzen in Gegenwart von metallischem Blei, das entweder zugesetzt wird oder bei der Verhüttung selbst entsteht, nahezu alles Silber aus dem Erz im Blei (im sogenannten Werkblei) löst.

Je nach Reinheit und Zusammensetzung der Erze wurde eine der drei folgenden Schritte (a, b oder c) angewandt:

a: Gewinnung von silberhaltigem Werkblei aus reinem hochkonzentrierten Bleiglanz (PbS) durch das Röstreaktionsverfahren in einem Durchgang (vereinfacht dargestellt):
Teilröstung unter Luftzufuhr: $2\ PbS + 3O_2 \rightarrow 2\ PbO + 2SO_2$, durch Reaktion des gebildeten PbO mit unzersetztem PbS: $2\ PbO + PbS \rightarrow 3\ Pb + SO_2$

b: Gewinnung von silberhaltigem Werkblei aus weniger reinen Bleierzen und Gemischen mit Fahlerzen durch das Röstreduktionsverfahren in zwei Schritten (vereinfacht dargestellt):
zunächst vollständiges Abrösten: $2\ PbS + 3O_2 \rightarrow 2\ PbO + 2\ SO_2$, dann Reduktion mit Holzkohle: $PbO + CO \rightarrow Pb + CO_2$
Durch entsprechende Zusätze erhielt man aus den Erzbeimengungen Schlacke, bei Verhüttung von Gemischen mit Fahlerzen Kupferstein und Speisen (As-Sb-Verbindungen).

c: Gewinnung von silberhaltigem Werkblei aus silberhaltigen Kupfererzen wie Fahlerze: nach mehreren Röst- und Schmelzprozessen erhielt man silberhaltiges Schwarzkupfer; dieses wurde zur Entsilberung „gefrischt“, das heißt in einem Schachtofen mit silberfreiem Blei verschmolzen, wobei das Silber in das Blei legiert. Im Saigerofen wurde das Blei unter Zuhilfenahme von Holzkohle ausgeschmolzen (ausgesaigert), wobei das flüssige silberhaltige Blei (Werkblei) abfloss und das silberfreie Schwarzkupfer als Kienstöcke zurückblieb; diese wurden zu Garkupfer weiterverarbeitet.

Das silberhaltige Werkblei (aus a, b oder c) wurde anschließend auf dem Treibherd „abgetrieben“ („Kupellation“, bei ca. 900 °C), hierbei oxidierte das Blei zu Bleiglätte (Bleioxid, PbO), das auf der Metalloberfläche schwamm und ständig abgezogen wurde. Zurück blieb schließlich das Silber, das sich beim Zerreißen des letzten Bleioxidhäutchens als „Silberblick“ zeigte. Durch „Brennen“ entstand aus dem Blicksilber (ca. 900 fein) das Brandsilber (Feinsilber, ca. 998 fein), das dann in die Münzstätten (s. u.) wanderte. Das silberfreie Bleioxid wurde wieder eingesetzt.

Später kam zur Entsilberung des (silberarmen) Werkbleis das Pattinson'sche Verfahren (1833 erfunden) zur Anwendung. Es beruhte darauf, dass sich beim Abkühlen von geschmolzenem silberhaltigem Blei solange reines Blei abscheidet, bis der Gehalt an Silber auf 2,5 % ansteigt („Reichblei"). Nach 1850 kam dann auch das Parkes'sche Verfahren zum Einsatz. Es beruhte darauf, dass sich das silberhaltige Werkblei mit Zink aus der Schmelze extrahieren lässt. Dabei bildete sich Zinkschaum mit rund 75 % Blei und bis zu 10 % Silber; nach Abdestillation des Zinks (Sdp. 908 °C) entstand „Reichblei" mit einem Silbergehalt bis zu 12 %. Das entstandene „Reichblei" wurde anschließend zur Silberisolation „abgetrieben" (s. o.).

Heute kommt das moderne umweltfreundliche QSL-Verfahren, das nach den Erfindern Queneau und Schuhmann und der Firma Lurgi (Anlagenbauer) benannt ist, zur Verhüttung von Bleierz zum Einsatz, so seit 1990 in der Bleihütte Binsfeldhammer (s. o.).

Dabei erfolgt die Röstung und Reduktion im QSL-Reaktor; das entstandene Werkblei (mit metallischen Verunreinigungen wie Kupfer, Silber, Gold, Platinmetalle) wird in nachfolgenden Raffinationskesseln gereinigt (Feinblei). Das dabei anfallende Güldisch-Silber (gold- und platinmetallhaltig) wird durch Elektrolyse nach dem Möbius-Verfahren (aus salpetersaurer Silbernitratlösung) gereinigt; es entsteht Feinsilber (999 fein) und gold- und platinmetallhaltiger Anodenschlamm, der auf Gold und Platinmetalle weiter verarbeitet wird.

3.4 Verwendung von Silber

Silber (Argentum, Ag) ist ein silberweißes Edelmetall (Schmelzpunkt: 961°C), lässt sich leicht bearbeiten und hat von den Metallen die höchste elektrische und thermische Leitfähigkeit. Von der Antike bis zur Neuzeit diente Silber als beliebtes Münzmetall; dabei waren in Deutschland bis 1871 Silbermünzen (Taler) vorherrschend, der Wert der jeweiligen Münze war durch den Silbergehalt gedeckt. Danach waren Silbermünzen noch bis 1975 als Zahlungsmittel in Umlauf. Heute werden in Deutschland nur noch Gedenk- und Sondermünzen aus Silber geprägt.

Zur Anwendung kommt Silber für Schmuck, Essbesteck, Tafelsilber, sakrale Geräte, Medaillen u.a.; technische Verwendung findet Silber in der Elektrotechnik, Elektronik, Optik und chemischen Industrie. Wichtig war das Silber in der Fotografie ab 1850 bis zur Verbreitung der Digitalfototechnik in den letzten Jahren. Da Silber antibakteriell ist, findet es auch in der Medizin Anwendung (Chirurgenbestecke, Medikamente).

Eine Besonderheit unter den Münzen stellen die Ausbeutemünzen dar, die aus dem Silber von Gruben geprägt wurden, die über einen Zeitraum Gewinne erzielt hatten oder Gewinne erwartet hatten, um die Investoren zu befriedigen. Sie zeichneten sich durch bergbauliche Darstellung oder durch Herkunftsangabe des Münzmetalles, z. B. Name der Grube, aus und waren ein vollwertiges Zahlungsmittel.

Aus dem Silber, das aus den Gruben des Lahngebietes und des Lahntaunus gewonnen wurde, wurden zahlreiche Münzen geprägt (Spruth 1974). So ließ der Trierer Erzbischof Lothar von Metternich im Zeitraum 1615 - 1621 die

Villmarer Taler und Doppeltaler in der Münzstätte Koblenz prägen; das Silber stammte dabei von der Langhecker Hütte, die Silbererze aus den Langhecker Gruben (Grube Altermann) erschmolz. Später wurden unter den Trierer Erzbischöfen Karl Kaspar von der Leyen (1657) und Johann Philipp von Walderdorff (1756/57) ebenfalls Villmarer Taler bzw. Gulden geprägt, das Silber stammte ebenfalls aus Langhecke.

Graf Karl August von Nassau-Weilburg ließ in der Weilburger Münze 1750 und 1752 die Mehlbacher Taler und Gulden prägen; das Silber wurde von der Klein-Weinbacher Schmelze geliefert, die die Erze von der Mehlbacher Grube verhüttete.

Graf Christian Ludwig von Wied-Runkel ließ anlässlich seiner Vermählung mit Charlotte Sophia Augusta von Sayn-Wittgenstein 1762 den Runkeler Hochzeitstaler prägen, mit Hinweis auf die Herkunft des Silbers aus der Weyerer Grube (Grube Alte Hoffnung). Ob das Silber wirklich aus dieser Grube stammte, ist jedoch fraglich, da die Grube in dieser Zeit keine Silbererze förderte.

Graf Karl Ludwig von Bernburg-Holzappel-Schaumburg ließ 1774 die Holzappeler Taler und Halbtaler in der Frankfurter Münze prägen; das Silber wurde in der kurz zuvor errichteten Holzappeler Hütte erschmolzen aus den Erzen der Grube Holzappel.

Von den Gruben im Osttaunus sind keine Ausbeutemünzen bekannt geworden, da diese Gruben in den früheren Jahrhunderten meist mehr oder weniger mit Verlust gearbeitet hatten. Lediglich Landgraf Philipp von Butzbach ließ nach 1625 Reichstaler ohne Grubenbezug prägen; das Silber stammte aber nachweislich aus der Grube bzw. Schmelze Philippseck bei Münster (KÖBRICH 1936).

4 Mineralogie

4.1 Fahlerze

Fahlerz ist ein alter deutscher Bergmannsname, benannt nach dem „fahlen Glanz“. Fahlerze (Abb. 3) gehören in die Gruppe der Kupfer-Komplex-Sulfide; die allgemeine Formel unter Berücksichtigung der Wertigkeiten ist nach KLOCKMANN (1978):

$[(Cu,Ag)_{20}(Fe,Zn,Hg,Sn)_4(As,Sb,Bi)_8]\ S_{26}$,

vereinfachte Formel: $A_{12}X_4S_{13}$, A= Cu,Ag,Fe,Zn,Hg etc. X= As,Sb,Bi

Man unterscheidet je nach chemischer Zusammensetzung folgende Fahlerzminerale:

Tennantit (genannt nach dem englischen Chemiker S.Tennant): $Cu_{12}As_4S_{13}$,

Tetraedrit (nach der tetraedrischen Gestalt der Kristalle): $Cu_{12}Sb_4S_{13}$,

zwischen Tennantit und Tetraedrit besteht eine lückenlose Mischungsreihe,

Mischfahlerz (am häufigsten vorkommende Mischkristallverbindung, mit Silbergehalten bis zu 2 %): $Cu_{12}(As,Sb)_4S_{13}$.

Chemisch verschiedene Abarten sind: Freibergit – silberhaltiger Tetraedrit (bis zu 18 % Ag), Schwazit – quecksilberhaltiger Tetraedrit (bis zu 17% Hg) u. a.

Die Fahlerze sind in das kubische Kristallsystem und in die hexakistetraedrische Kristallklasse einzuordnen. Gewöhnlich kommen Fahlerze dicht, derb oder in un-



Abbildung 3: Fahlerz-x (l = 10 mm), Grube Mehlbach.

regelmäßigen, eingesprengten Körnern vor; die in Hohlräumen vorkommenden Kristalle haben tetraedrische Gestalt, häufig sind Durchwachsungszwillinge.

Alle Fahlerze haben graue bis schwarze Farbe mit olivfarbenem bis bläulichem Stich („fahle Farbe“); der Strich ist schwarz bis bräunlich; spröde, ohne Spaltbarkeit; Metallglanz auf frischem Bruch; Dichte: 4,4 - 5,4 g/cm^3.

Fahlerze kamen in fast allen Gruben im Taunus und in der Lahnmulde vor. In den Gruben der östlichen Lahnmulde (Altermann, Alte Hoffnung, Mehlbach) wurden silberhaltige Fahlerze als Haupterz abgebaut. Während in den Gruben des unteren Lahngebietes und am Rhein Fahlerze nur untergeordnet vorkamen, wurden sie in einigen Gruben im Goldenen Grund und Osttaunus als Silberträger neben den weniger silberhaltigen Bleierzen abgebaut, so in den Gruben Heftrich/Hannibal, Faulenberg, Kaisergrube, Philippseck und Silbersegen.

4.2 Bleiglanz

Ausbildung: kubisches Kristallsystem, Kristalle kommen als Kuben und als Trisoktaeder oder in Kombinationen von beiden vor. Häufig gut ausgebildete Kristalle kommen an zahlreichen Fundorten, auch im Taunus und Lahngebiet vor, z. B. in der Grube Heftrich/Hannibal.

Bleiglanz (Galenit) kommt gewöhnlich derb grobspätig oder dicht feinkörnig vor und ist das wichtigste und häufigste Bleierz (Abb. 4).

Physikalische Eigenschaften: Spaltbarkeit: vollkommen nach Kuben; Farbe und Glanz: bleigrau, starker Metallglanz auf frischen Spaltflächen; Strich: grauschwarz; Härte: 2,5 - 3; Dichte: 7,4 - 7,6 g/cm^3.

Zusammensetzung: 86,6 % Pb und 13,4 % S.

Bleiglanz ist wichtiger „Silberträger“ mit einem Silbergehalt von 0,01 - 0,3 % (mitunter bis zu 1 %). Dieser geht nach herkömmlicher Auffassung auf gleichmäßig verteilte mikroskopisch kleine Einschlüsse von Silbermineralien, wie Silberglanz oder Fahlerz, im Bleiglanz zurück. Nach Untersuchungen von HERTEL (1966) liegt das Silber auch als Miargyrit ($AgSbS_2$) vor; dieses kristallisiert in bleiglanzähnlichem Gitter und es besteht eine beschränkte Mischbarkeit mit Bleiglanz (Einbau im Bleiglanzgitter).

Die bleiglanzführenden Gänge im Taunus und Lahngebiet sind, wie oben schon beschrieben, durch hydrothermale Vorgänge, das heißt aus mehr oder weniger heißen Lösungen, entstanden. Nach HERTEL (1966) besteht dabei ein direkter Zusammenhang zwischen der Bildungstemperatur des Bleiglanzes und dem Silbergehalt (Miargyritgehalt): kühlgebildete (telethermale) Bleiglanze sind arm, heiß gebildete (mesothermale) Bleiglanze reich an Silbermineralien.

Bleiglanz kommt in fast allen Buntmetallerzgruben des Taunus und des Lahngebietes vor und wurde, wie schon ausführlich beschrieben, zur Gewinnung von Silber und Blei (oder Glasurerz für Töpfereien) abgebaut und verhüttet.



Abbildung 4: Bleiglanz-x(x) auf Quarz (l = 20 mm), Grube Heftrich/Hannibal.

5 Analytik der Erze

5.1 Fahlerze

Im Rahmen der Lehrlingsausbildung im Analytischen Labor der Metallgesellschaft/Chemetall in Frankfurt am Main wurden unter Anleitung des Autors im Zeitraum 1975 - 1995 mehrere Fahlerzproben auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht. Dabei wurden die Hauptelemente Cu, Ag, Sb, As, Zn, Fe mittels AAS (Atom-Absorptions-Spektralanalyse) und nach 1991 auch mittels ICP (plasmaangeregte optische Emissionsspektralanalyse) bestimmt. Dabei kamen folgende Geräte zum Einsatz: SP90A und SP9 (Flammen-AAS-Geräte von Philips-Pye Unicam) und Spectroflame-ICP Modell P von Spectro/Kleve. Auf die exakte Bestimmung der Spurenelemente Hg, Sn, Bi, Cd, Co wurde wegen des zu großen Aufwandes verzichtet, bei einigen Proben wurden diese halbquantitativ mittels RFA (Röntgen-Fluoreszenz-Spektralanalyse) bestimmt (Geräte: PW1410 und PW1480 von Philips).

Untersucht wurden Fahlerzproben von den Halden der Gruben Mehlbach, Altermann, Alte Hoffnung, Heftrich/Hannibal und Faulenberg. Vergleichsweise wurde eine Probe von den Halden der Grube Hangelberg/Selnbach bei Breidenstein (bei Biedenkopf) untersucht (W 1).

Die Analysenergebnisse sind in Tab. 1 (Originalanalysen) und Tab. 2 (Werte auf 100 % Fahlerz bezogen) zusammengestellt.

Zur Durchführung der Analysen wurden die Fahlerzproben grob zerkleinert und die Gangart (und Nebengestein) so weit wie möglich abgetrennt (bei karbonatischer Gangart Behandlung mit verdünnter Salzsäure). Nach dem Trocknen wurden die Proben analysenfein gemahlen (ergab jeweils 1 - 10 g homogenes Material). Nach Säureaufschluss von 0,2 - 0,3 g Probenmaterial mit Salzsäure/Salpetersäure/Flusssäure/Perchlorsäure (Abrauchen bis zur fast Trockene, Aufnahme mit Salzsäure) erfolgte die Bestimmung der Elemente Cu, Ag, Fe, Zn, Sb und As mittel AAS oder ICP. Der Gehalt an S wurde anschließend über die allgemeine Fahlerzformel $[(Cu,Ag)_{20}(Fe,Zn)_4(As,Sb)_8]S_{26}$ berechnet.

Zum Vergleich wurden außerdem Analysenwerte aus der Literatur übernommen (die Nummerierung bezieht sich auf Abb. 1):

Grube Faulenberg (2) (FÄRBER 1988b): Fahlerzanalyse von 1777: 26 Pfund Cu/144 Pfund Erz und 19 Lot Ag/Zentner Erz = Fahlerz (100 %) mit 39 % Cu und 0,9 % Ag
Grube Mehlbach (12) (ANSORGE 1905): Fahlerz mit 35 % Cu und 1,06 % Ag = Fahlerz (100 %) mit 39 % Cu und 1,18 % Ag
Grube Alte Hoffnung (13) (KUHNIGK 2000): Fahlerz mit 7 - 8 % Cu und 72g Ag/Zentner = Fahlerz (100 %) mit 39 % Cu und ca. 0,73 % Ag
Grube Altermann (14) (KUHNIGK 2000): Fahlerz vom Köhlerhandsdellengang (1911) mit 17,5 % Cu und 0,0204 % Ag = Fahlerz (100 %) mit 39 % Cu und 0,45 % Ag

Bei den zur Untersuchung herangezogenen derben Fahlerzproben aus dem Taunus und Lahngebiet handelt es sich jeweils um zink-, eisen- und silberhaltiges Mischfahlerz (Verhältnis von As : Sb = 1:1 - 1:2), auch Kristallproben (Grube

Tabelle 1: Fahlerzanalysen (Originalanalysen)

Nr., Fundort *	% Cu	% Ag	% Fe	% Zn	% As	% Sb	% S	% Hg	% Cd	% Bi	% ∑***
1. Grube Heftrich/ Hannibal bei Heftrich											
1.1 Fahlerz (derb), 1973, 1 Stück: 4-5 g Analysenmat.	33,4	0,32	4,4	6,0	5,9	16,2	24,1	n. b.	n. b.	n. b.	90,32
1.2 Fahlerz (derb), 1987, mehrere Stücke: ca.10 g A.	31,3	0,28	3,0	5,2	5,3	14,5	21,3	<0,01	0,04	<0,02	80,92
1.3 Fahlerz (derb), 1987, 1 Stück: ca. 2 g Analysenm.	31,7	0,30	1,3	5,45	5,5	15,0	20,9	n. b.	n. b.	n. b.	80,15
2. Grube Faulenberg bei Schnitten											
2.1 Fahlerz (derb, m.Kupfer-kies),1984, 1 Stück: ca.1 g A.	29,7	0,84	6,8	3,0	5,6	10,6	22,0	<0,01	0,04	0,5	67****
2.2 Fahlerz (in Quarz einge-wachsen. x) ,1993, 0,6 g A.	37,6	0,96	3,7	4,3	7,9	15,2	24,9	<0,01	0,03	0,1	94,69
12. Grube Mehlbach bei Rohnstadt											
12.1 Fahlerz (derb), ca. 5 g Analysenmaterial **	35,2	0,80	3,8	3,5	6,6	16,0	23,5	n. b.	n. b.	<0,05	89,4
12.2 Fahlerz (derb), 1976 gefunden, ? g Analysenm.	35,0	1,02	4,4	3,4	6,4	16,5	23,8	n. b.	n. b.	n. b.	90,52
12.3 Fahlerz (xx), 3-4 g Analysenmaterial **	38,9	1,20	4,3	3,9	7,1	17,9	26,0	n. b.	n. b.	n. b.	99,3
13. Grube Alte Hoffnung bei Weyer											
13.1 Fahlerz (derb), 1981, ca. 5 g Analysenmaterial	32,3	1,05	3,7	4,15	5,8	14,5	22,1	n. b.	n. b.	n. b.	83,6
13.2 Fahlerz (derb), 1993, 1 Stück: 1,5 g Analysenmat.	18,85	0,365	1,23	2,6	3,45	9,4	12,7	n. b.	n. b.	n. b.	48,60
13.3 Fahlerz (derb), 1993, 1 Stück: 1,3 g Analysenmat.	25,05	0,60	2,9	3,4	4,05	12,7	17,3	<0,02	0,02	<0,02	66,02
14. Grube Altermann bei Langhecke											
14.1 Fahlerz (derb), 1980, ca.10 g Analysenmaterial	32,7	0,51	3,75	4,55	5,2	16,1	22,5	<0,01	0,05	<0,02	85,36
14.2 Fahlerz (derb), 1983, 1 Stück: 2,6 g Analysenmat.	35,3	0,43	2,65	4,8	5,4	17,5	23,2	n. b.	n. b.	n. b.	89.28
14.3 Fahlerz (derb), 1994, 1 Stück: 0,6 g Analysenmat.	35,2	0,28	2,65	4,9	6,0	16,7	23,3	n. b.	n. b.	n. b.	89,03
W 1. Grube Hangelberg/ Selnbach b. Breidenstein											
W 1.1 Fahlerz (derb u. xx), 1978, ca.3 g Analysenmat.	36,4	0,25	3,5	4,7	3,0	23,5	24,6	n. b.	n. b.	n. b.	95,95

* es handelt sich, wenn nicht anders angegeben, jeweils um Haldenmaterial
** Probe von J. Wagner, Bad Homburg (1975)
*** Rest zu 100 %: Gangart (Quarz, Gestein, teilweise Bleiglanz)
**** 673 % Fahlerz, 12 % Kupferkies (errechnet)

Mehlbach und Faulenberg) ergaben die gleichen Ergebnisse. Die des Öfteren in der Literatur gemachten Angaben über reines Tetraedrit bzw. Tennantit konnten dabei nicht bestätigt werden. Lediglich bei der aus dem Westerwald stammenden Fahlerzprobe der Grube Hangelberg/Selnbach (W 1) handelt es sich um Tetraedrit, der arsen-, silber-, eisen- und zinkhaltig ist.

Tabelle 2: Fahlerzanalysen, bezogen auf 100 % Fahlerz (errechnet)

Nr., Fundort *	% Cu	% Ag	% Fe	% Zn	% As	% Sb	% S	% Hg	% Cd	% Bi	% ∑
1. Grube Heftrich/ Hannibal bei Heftrich											
1.1 Fahlerz (derb), 1973, 1 Stück: 4-5 g Analysenmat.	37,0	0,35	4,9	6,6	6,5	17,9	26,7				99,95
1.2 Fahlerz (derb), 1987, mehrere Stücke: ca. 10 g A.	38,7	0,35	3,7	6,4	6,6	17,9	26,3	<0,01	0,05	<0,03	99,95
1.3 Fahlerz (derb), 1987, 1 Stück: ca. 2 g Analysenm.	39,5	0,37	1,6	6,8	6,9	18,7	26,1				99,97
2. Grube Faulenberg bei Schmitten											
2.1 Fahlerz (derb, m. Kupfer- kies), 1984, 1 Stück: ca.1 g A.	38,1	1,25	4,7	4,5	8,4	15,8	26,5	<0,01	0,05	0,75	100,0
2.2 Fahlerz (in Quarz einge- wachsen. x) ,1993, 0,6 g A.	39,7	1,01	3,9	4,5	8,3	16,1	26,3	<0,01	0,03	0,1	99,91
12. Grube Mehlbach bei Rohnstadt											
12.1 Fahlerz (derb), ca. 5 g Analysenmaterial **	39,4	0,90	4,2	3,9	7,4	17,9	26,3	n. b.	n. b.	<0,05	100,0
12.2 Fahlerz (derb), 1976 gefunden, ? g Analysenm.	38,7	1,12	4,8	3,8	7,1	18,2	26,3				100,02
12.3 Fahlerz (xx), 3-4 g Analysenmaterial **	39,2	1,21	4,3	3,9	7,2	18,0	26,2				100,01
13. Grube Alte Hoffnung bei Weyer											
13.1 Fahlerz (derb), 1981, ca. 5 g Analysenmaterial	38,6	1,25	4,4	5,0	6,9	17,4	26,5				100,05
13.2 Fahlerz (derb), 1993, 1 Stück: 1,5 g Analysenmat.	38,8	0,75	2,5	5,4	7,1	19,3	26,1				99,95
13.3 Fahlerz (derb), 1993, 1 Stück: 1,3 g Analysenmat.	37,9	0,91	4,4	5,2	6,1	19,2	26,2	<0,03	<0,03	<0,03	99,91
14. Grube Altermann bei Langhecke											
14.1 Fahlerz (derb), 1980, ca. 10 g Analysenmaterial	38,3	0,60	4,4	5,3	6,1	18,9	26,4	<0,01	0,06	<0,03	100,0
14.2 Fahlerz (derb), 1983, 1 Stück: 2,6 g Analysenmat.	39,5	0,48	3,0	5,4	6,0	19,6	26,0				99,98
14.3 Fahlerz (derb), 1994, 1 Stück: 0,6 g Analysenmat.	39,5	0,31	3,0	5,5	6,7	18,8	26,2				100,01
W 1. Grube Hangelberg/ Selnbach b. Breidenstein											
W 1.1 Fahlerz (derb u. xx), 1978, ca. 3 g Analysenmat.	38,0	0,26	3,6	4,9	3,1	24,5	25,6				99,96

* es handelt sich, wenn nicht anders angegeben, jeweils um Haldenmaterial
** Probe von J. Wagner, Bad Homburg (1975)

Die Silbergehalte der analysierten Proben von den Gruben Mehlbach, Altermann, Alte Hoffnung und Faulenberg stimmen mit denen aus der Literatur hinreichend gut überein.

5.2 Bleiglanz

Im Zeitraum 1979 - 1983 wurden Methoden zur Bestimmung von Silber in Bleierzkonzentraten entwickelt (Ringuntersuchungen von der GDMB Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute), an der auch das Analytische Labor der Metallgesellschaft in Frankfurt/M. beteiligt war. Später wurde dann eine offizielle Analysenvorschrift veröffentlicht (WANDELBURG 1993).

In Anlehnung an die Methodenentwicklung wurden vom Autor nach 1980 einige Bleiglanzproben aus dem Taunus und dem Lahngebiet auf ihren Silbergehalt untersucht.

Der Säureaufschluss des Probenmaterials (1 g, analysenfein gemahlen) erfolgte dabei mit Salzsäure/Salpetersäure/Flusssäure/Perchlorsäure (abgeraucht bis zur Trockene). Nach Komplexierung mit Ethylendiamintetraessigsäure (Titriplex III) und Zugabe von Tellur- und Kupferlösung erfolgte die Ausfällung des Silbers gemeinsam mit Kupfer als Tellurid in Gegenwart von Natriumdithionit (Reduktionsmittel) aus alkalischer Lösung. Der Niederschlag wurde nach Abtrennung (Filtration) oxidierend gelöst (Salpetersäure/Perchlorsäure, abgeraucht bis zur Trockene) und das Silber mittels AAS (Gerät SP 9) aus salzsaurer Lösung bestimmt. Der relative Fehler betrug je nach Gehalt 0,6 - 2 %.

Nach 1991 wurde unter Mitwirkung des Verfassers eine weniger aufwendige Methode (ohne Abtrennung der Bleimatrix) zur Silberbestimmung entwickelt. Dabei wurden 0,25 g des analysenfein gemahlenen Probenmaterials in Salzsäure/Salpetersäure/Flusssäure/Perchlorsäure gelöst und bis zur Trockene abgeraucht. Der Trockenrückstand wurde unter Zugabe von Ammonacetat mit Salzsäure gelöst (gekocht); die Bestimmung des Silbers (aus salzsaurer Lösung) erfolgte mittels ICP (Gerät Spectroflame-ICP Modell P) unter Anwendung der Additionsmethode (Peakhöhenauswertung). Der relative Fehler betrug je nach Gehalt 2 - 6 %. Nach dieser Methode wurden mehrere Bleiglanzproben aus dem Taunus und dem Lahngebiet untersucht.

Außerdem wurden (nach 1993) in den Proben die Elemente Ag, Pb (PbS), Cu, Sb, Zn und Si (SiO_2) mittels RFA (Gerät PW 1480 von Philips) gemessen; dabei kam das Semiquant-Programm zum Einsatz, das für die Bleiglanzproben modifiziert wurde. Die RFA-Werte für das Silber stimmten dabei hinreichend gut mit denen der AAS und ICP überein.

Die Analysenergebnisse sind in Tab. 3 (Originalanalysen) und Tab. 4 (Werte auf 100 % PbS bezogen) zusammengestellt.

Angaben über Silbergehalte von Bleierzen in der Literatur:

Grube Hannibal/Heftrich (1): JAKOBUS (1993): Bleiglanz (von Halde) mit 116 g/t Ag

Grube Faulenberg (2): JAKOBUS (1993): Bleiglanz (Halde) mit 348 g/t Ag

Grube Hubertus (3): KÖBRICH (1936): Bleiglanz mit 78 % Pb und 22 g/t Ag = PbS (100 %) mit 24,5 g/t Ag; JAKOBUS (1993): Bleiglanz (Halde) mit 183 g/t Ag

Grube Bleizeche I (5): JAKOBUS (1993): Bleiglanz (oberer Stollen) mit 156 und 168 g/t Ag Bleiglanz (unterer Weiltalstollen) mit 22 g/t Ag

Grube Auguste IV (7): JAKOBUS (1993): Bleiglanz (Halde) mit 157 g/t Ag

Tabelle 3: Bleiglanzanalysen (Originalanalysen)

Nr., Fundort *	g/t Ag			% PbS	% Cu	% Sb	% ZnS	% SiO_2
	RFA	ICP	AAS	RFA	RFA	RFA	RFA	RFA
1. Grube Heftrich/Hannibal bei Heftrich								
1.1 1 Stück (1990), ca. 9 g Analysenmat.	150	150		96,5	0,02	0,04		3
2. Grube Faulenberg bei Schmitten								
2.1 1 Stück v. oberer Halde (1993), ca. 9 g A.	520			95	0,21	0,32		4
2.2 3 Stücke v.unt. Halde **, ca.11 g A.	510	510		97	0,09	0,16		2
3. Grube Hubertus bei Ziegenberg								
3.1 mehrere Stücke (1983), ca. 95 g A.	290		270	91	0,11	0,08		6
4. Grube Bleizeche bei Altweilnau								
4.1 Stücke (1990), ca. 11 g Analysenmat.	310			97,5	0,07	0,04		2
5. Grube Bleizeche I bei Altweilnau								
5.1 2 Stücke v. ob. Halde (1983), ca. 6 g A.			320					
5.1 1 Stück v. unt. Stollen ***, 23 g A.	310	310		94	0,03	0,11		5
6. Grube Königsholz bei Altweilnau								
6.1 mehrere Stücke (1984), ca. 60 g A.	260	260	260	98,5	0,07	0,14		1
7 Grube Auguste IV bei Wernborn								
7.1 mehrere Stücke (1996), ca. 7 g A.	290	310		86	0,20	0,12	0,24	12
8. Grube Silbersegen bei Weiperfelden								
8.1 1 Stück (feinkristallin), ca. 15 g A.	125			96	0,04	0,06		3
9. Grube Vereinigung bei Eisenbach								
9.1 1 Stück (grobkrist.,1999), ca. 12,5 g A.	265			98,5	0,02	0,07	0,02	1
10. Quarzvorkommen bei Niederselters								
10.1 1 PbS aus Block (1998), ca. 32 g A.	110	120		98,5	0,33	0,05		1
11. Grube Streitlay bei Michelbach/Aar								
11.1 2 kleine Stücke ***, ca. 13 g A.	130	120		97	0,02	0,09		3
13. Grube Alte Hoffnung bei Weyer								
13.1 1 großes Stück (1993), ca. 10 g A.	690	690		97	0,04	0,40		2
15. Grube Holzappel bei Holzappel ****								
15.1 feinkristallin. PbS (1995), ca. 50 g A.	920	890		65	0,38	0,12	9,4	10
15.2 grobkristallin. PbS (1995), ca. 15 g A.	1110	1100		80	0,22	0,14	6,4	6
16. Gr. Gute Hoffnung b. Wellmich ****								
16.1 feinkristallin. PbS (1980), ca. 50 g A.	1100	1000	1000	83	0,15	0,19	6,0	2
16.2 grobkristallin. PbS (1980), ca. 40 g A.			1100					

* es handelt sich, wenn nicht anders angegeben, jeweils um Haldenmaterial
** Probe von M. Wenzel, Bad Homburg (1982)
*** Proben von T. Kirnbauer, Wiesbaden
**** Proben erhalten neben SiO_2 noch merkliche Mengen an Karbonatminerale (Siderit, Ankerit u. a.)

Grube Vereinigung (9): JAKOBUS (1993): Bleiglanz (Halde) mit 147 g/t Ag

Grube Holzappel (15): EINECKE (1932): Bleifertigerz mit 70,5 % Pb und 755 g/t Ag = PbS (100 %) mit 925 g/t Ag; HERTEL (1966): Bleiglanz (100 %) mit 1.900 g/t Ag; HERBST (1987): Bleiglanz mit 70 % Pb und 600 g/t Ag = PbS (100 %) mit 740 g/t Ag (Durchschnittswerte von vor 1860 bis 1952)

Tabelle 4: Bleiglanzanalysen, bezogen auf 100 % PbS (errechnet)

Nr., Fundort *	g/t Ag			% PbS
	RFA	ICP	AAS	RFA
1. Grube Heftrich/Hannibal bei Heftrich				
1.1 1 Stück (1990), ca. 9 g Analysenmat.	155	155		100
2. Grube Faulenberg bei Schmitten				
2.1 1 Stück v. oberer Halde (1993), ca. 9 g A.	545			100
2.2 3 Stück v. unt. Halde **, ca. 11 g A.	525	525		100
3. Grube Hubertus bei Ziegenberg				
3.1 mehrere Stücke (1983), ca. 95 g A.	320		300	100
4. Grube Bleizeche bei Altweilnau				
4.1 Stücke (1990), ca. 11 g Analysenmat.	320			100
5. Grube Bleizeche I bei Altweilnau				
5.1 2 Stücke v. ob. Halde (1983), ca. 6 g A.				
5.1 1 Stück v. unt. Stollen ***, 23 g A.	330	330		100
6. Grube Königsholz bei Altweilnau				
6.1 mehrere Stücke (1984), ca. 60 g A.	265	265	265	100
7 Grube Auguste IV bei Wernborn				
7.1 mehrere Stücke (1996), ca. 7 g A.	340	360		100
8. GrubeSilbersegen bei Weiperfelden				
8.1 1 Stück (feinkristallin), ca. 15 g A.	130			100
9. Grube Vereinigung bei Eisenbach				
9.1 1 Stück (grobkrist.,1999), ca. 12,5 g A.	270			100
10. Quarzvorkommen bei Niederselters				
10.1 1 PbS aus Block (1998), ca. 32 g A.	110	120		100
11. Grube Streitlay bei Michelbach/Aar				
11.1 2 kleine Stücke ***, ca. 13 g A.	135	125		100
13. Grube Alte Hoffnung bei Weyer				
13.1 1 großes Stück (1993), ca. 10 g A.	710	710		100
15. Grube Holzappel bei Holzappel				
15.1 feinkristallin. PbS (1995), ca. 50 g A.	1420	1370		100
15.2 grobkristallin. PbS (1995), ca. 15 g A.	1390	1380		100
16. Grube Gute Hoffnung bei Wellmich				
16.1 feinkristallin. PbS (1980), ca. 50 g A.	1320	1200	1200	100
16.2 grobkristallin. PbS (1980), ca. 40 g A.				

* es handelt sich, wenn nicht anders angegeben, jeweils um Haldenmaterial
** Probe von M. Wenzel, Bad Homburg (1982)
*** Proben von T. Kirnbauer, Wiesbaden

Grube Gute Hoffnung (16): SLOTTA (1983): Bleierz mit 63 % Pb und 380 g/t Ag = PbS (100 %) mit 520 g/t Ag (Hüttenangabe von ca. 1930)

Kaisergrube (a): STORCH (1859): Bleierz (hüttenfertig) mit 78 % Pb und 0,837 Lot Ag/Zentner = PbS (100 %) mit 290 g/t Ag

Grube Steinergrund (b): WEISBECKER (2000): Bleiglanz mit 77,1 % Pb und 20 g Ag/100 kg = PbS (100 %) mit 225 g/t Ag (Analyse d. Degussa von 1909)

Grube Silberberg (c): KÜMMERLE (1987): Bleiglanz mit 165 g/t und 190 g/t Ag (Analysen d. HLfB)

Grube Rosenberg/Königsstiel (d): EINECKE (1932): Bleifertigerz mit 67 % Pb und 430 g/t Ag = PbS (100 %) mit 555 g/t g; HERTEL (1966): Bleiglanz (100 %) mit 750 g/t Ag

Grube Friedrichssegen (e): EINECKE (1932): Bleierz mit 66,3 % Pb und 517 g/t Ag = PbS (100 %) mit 675 g/t Ag (Durchschnittswerte von 1903-1911); HERTEL (1966): Bleiglanz (100 %) mit 1.150 g/t Ag.

Die Silbergehalte der Analysen stimmen mit denen aus der Literatur teilweise nur schlecht bzw. nicht überein. Es gibt große Unterschiede bei den Analysenwerten von den großen Gruben des Rhein- und unteren Lahngebietes, so von der Grube Holzappel (15):
EINECKE (1932): 925 g/t Ag
HERBST (1987): 740 g/t Ag
HERTEL (1966): 1.900 g/t Ag (1 Probe)
Eigene Analysen: 1.360 - 1.410 g/t Ag (2 Proben)

EINECKE (1932) und HERBST (1987) geben Werte an, die von den Hütten stammen (aus der Abbauzeit, bis 1952) und niedriger sind als die von HERTEL (1966) und eigenen Analysen.

Analysiert wurden die Erze damals in den Hüttenlaboratorien gravimetrisch durch Dokimasie (griechisch = Prüfung). Diese war schon in der Antike bekannt und stellt eine „Verhüttung von Bleierz im Kleinen“ dar: Reduktion von Bleierz zu Blei, Abtreibung zu Silber im Tiegel, Auswiegen des Silberkorns); denkbar sind Verluste von Silber bei diesem Vorgang (= Unterbefunde).

Anmerkung: Moderne Analysenverfahren zur Silberbestimmung (AAS, RFA, ICP) wurden erst nach 1960 angewendet, nachdem die Gruben längst stillgelegt waren.

Möglich ist, dass aus kaufmännischen Gründen die Hüttenanalysen niedriger angesetzt wurden, um den Kaufpreis für die Erze zu drücken (Bergwerke und Hütten hatten unterschiedliche Betreiber). Die Analyse von HERTEL (1966) wurde unabhängig von der Hütte in der Technischen Universität Berlin durchgeführt, aus dem Artikel geht aber nicht hervor, wie die Probennahme war (Einzelprobe oder Durchschnittsprobe, Haldenprobe oder Probe aus der Förderung) und welche Analysenmethode angewendet wurde (Spektralanalyse, RFA).

Denkbar ist auch eine Zunahme des Silbergehaltes im Zusammenhang mit der Abbautiefe: je tiefer, desto höher ist der Silbergehalt im Bleiglanz (zuletzt wurden die Erze aus einer Tiefe von rd. 1.000 m gefördert). Die beiden Proben der eigenen Analysen stammen dabei von der Halde an der ehemaligen Aufberei-

tungsanlage Laurenburg/Lahn; diese enthielt an der Oberfläche Material von der Förderung der letzten Abbauphase vor 1952 (liegen gebliebene Förderung aus der Tiefbauzone).

Anmerkung: Die analysierten Proben enthielten merkliche Gehalte an Zinkblende (ZnS 6 - 9,5 %); in dieser beträgt der (sehr geringe) Silbergehalt max. 50 g/t (SPERLING 1957) und wurde bei der Umrechnung der Analysenwerte, bezogen auf 100 % PbS, mitberücksichtigt.

Ähnlich große Unterschiede weisen die Analysenwerte von den Gruben Gute Hoffnung (16) (SLOTTA 1983: 520 g/t Ag; eigene Analysen: 1.200 g/t Ag) und Friedrichssegen (e) (EINECKE 1932: 675 g/t Ag; HERTEL (1966): 1.150 g/t Ag) auf.

Aus den Gruben des östlichen Lahntaunus liegen keine Angaben über die Silbergehalte im Bleierz aus der Produktionszeit vor; eine eigene Analyse von einer Probe der Grube Alte Hoffnung (13) (Haldenfund) ergab einen relativ hohen Wert von 710 g/t Ag.

Die Analysenwerte von den Proben aus den Gruben des Osttaunus (3 - 7, Region Altweilnau-Usingen) liegen mit 265 - 340 g/t Ag relativ nahe beieinander; auch die Werte von der Kaisergrube (a) mit 290 g/t Ag und Grube Steinergrund (b) mit 225 g/t Ag liegen noch im vergleichbaren Bereich. Lediglich die Werte von der Grube Faulenberg (2) mit 525 - 545 g/t Ag und von der weiter nördlich gelegenen Grube Silbersegen (8) mit 130 g/t Ag liegen höher bzw. niedriger.

Auffällig und wahrscheinlich um mehr als eine Zehnerpotenz zu niedrig im Vergleich zu den oben genannten Werten ist ein Analysenwert von der Grube Hubertus (3): KÖBRICH (1936) gibt hier Bleiglanz mit 78 % Pb und 22 g/t Ag (= PbS 100%ig mit 24,5 g/t Ag) an; dieser Wert wurde von Autoren in der neueren Zeit (SLOTTA 1983, FÄRBER 1990b) ungeprüft übernommen.

JAKOBUS (1993) analysierte im Rahmen seiner Doktorarbeit eine Anzahl von Bleiglanz-Proben aus den Gruben des Osttaunus (Halden- und Stollenfunde). Da er hierfür eine Analysenmethode mit unvollständigem Aufschluss anwendete (Aufschluss der Proben mit halbkonzentrierter Salpetersäure, Abrauchen, Extraktion mit Ammoniaklösung, Messung mittels AAS aus ammoniakalischer Lösung), erhielt er mehr oder weniger starke Unterbefunde an Silber, z. B. Grube Faulenberg (2): 348 g/t Ag (eigene Analysen: 525 - 545 g/t Ag), Grube Hubertus (3): 183 g/t Ag (eigene Analyse: 320 g/t Ag) und Grube Auguste IV (7): 157 g/t Ag (eigene Analysen: 340 - 360 g/t Ag).

Die analysierten Werte von JAKOBUS sind daher unzuverlässig und nicht anwendbar.

Nach HERTEL (1966) besteht eine direkte Abhängigkeit des Silbergehaltes von der Bildungstemperatur (s. o.), nach VON GEHLEN (1984) auch eine Abhängigkeit vom Alter: jüngere Bleiglanze enthalten weniger Silber als ältere. Diese Erkenntnis kann mit den analysierten Bleiglanzproben bestätigt werden: Die Bleiglanze von den alten variskischen Erzgängen an Lahn und Rhein (Grube Holzappel, Grube Gute Hoffnung) enthalten hohe Gehalte von 1.200 bis 1.410 g/t Ag, der Bleiglanz von der Grube Alte Hoffnung (13) (noch variskisch oder schon postvariskisch entstanden) enthält 710 g/t und die Bleiglanze aus den jüngeren postvariskischen

Buntmetall-Erzgängen des Osttaunus (Gruben der Region Altweilnau und Usingen) enthalten 265 - 340 g/t Ag. Eine Ausnahme bilden die Bleiglanze von der Grube Faulenberg (2) mit höheren Gehalten von 525 bis 545 g/t Ag. Relativ niedrige Silbergehalte beinhalten die Bleiglanze aus den postvariskischen Pseudomorphosen-Quarzgängen, so vom Quarzvorkommen Niederselters (10) mit 110 - 120 g/t Ag, von der Grube Silberberg (c) mit 165 - 190 g/t Ag und von der Grube Heftrich/Hannibal (1) mit 155 g/t Ag.

Die Bleivererzungen der Pseudomorphosen-Quarzgänge müssten daher jünger als die der postvariskischen Buntmetall-Erzgänge sein; wichtig ist aber auch die Verfügbarkeit von Silber bei der Entstehung der Vererzungen aus den hydrothermalen Lösungen.

Um die oben beschriebenen Erkenntnisse zu bekräftigen, müssten noch weitere Bleiglanzproben auf ihren Silbergehalt analysiert werden, besonders aus den Gruben des östlichen Lahntaunus (Grube Mehlbach, Altermann) und von Vorkommen aus den postvariskischen Pseudomorphosen-Quarzgängen.

6 Literatur

Ansorge, J. (1905): Die deutschen Kupfererzlagerstätten. – Deutscher Bergwerkskalender, Hamm.

Anderle, H.-J. (1984): Postvaristische Bruchtektonik und Mineralisation im Taunus – Eine Übersicht. – Schriftenr. GDMB, **41**: 201-217; Weinheim.

David, W. (1987): Bergbau und Hüttenwesen. – Der Rhein-Lahn-Kreis, Landschaft – Geschichte – Kultur unserer Heimat, 279-303; Bad Ems.

David, W. (1994a): Bergbau in Braubach. – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 25-30; Bad Ems.

David, W. (1994b): Grube "Consolidierte Gute Hoffnung" bei Wellmich-Werlau. – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 31-36; Bad Ems.

Einecke, G. (1932): Der Bergbau und Hüttenbetrieb im Lahn- und Dillgebiet und in Oberhessen. – Berg- u. hüttenmänn. Verein z. Wetzlar, 778 S.; Wetzlar.

Färber, I. (1988a): Geschichte des Bergbaus aus dem Silberberg bei Espa/Wieperfelden. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 4**: 16 S.; Bad Homburg.

Färber, I. (1988b): Geschichte des Reifenberger Bergbaus (Taunus-Bergbau vor 200 Jahren). – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 11**: 21 S.; Bad Homburg.

Färber, I. (1989a): Das Bleierzbergwerk bei Eisenbach.- Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 6**: 6 S.; Bad Homburg.

Färber, I. (1989b): Die Silber-, Blei- und Kupfer- Erzgrube „Altermann“ bei Langhecke. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 9**: 22 S.; Bad Homburg.

Färber, I. (1990a): Das Bergwerk "Bleierzwerk Heftrich" (später "Hannibal"). – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 17**: 3 S.: Bad Homburg.

Färber, I. (1990b): Bergwerke für Nicht-Eisenerze im östlichen Taunus, die nur kurze Zeit betrieben wurden. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 18**: 7 S.; Bad Homburg.

Färber, I. (1990c): Der Buntmetall-Bergbau im östlichen Taunus. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 20**: 10 S.; Bad Homburg.

Gehlen, K. von (1984): Geochemie und stabile Isotope der postvaristischen Mineralisationen. – Schriftenr. GDMB, **41**: 245-254; Weinheim.

Girmann, F. (1994a): Das Bergwerk Friedrichssegen. – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 37-40; Bad Ems.

Girmann, F. (1994b): Der Emser Bergbau. – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 41-45; Bad Ems.

Herbst, F. (1987): Über die im Raum Holzappel-Nassau aufsetzenden Blei-Zinkerzgänge, Teil I und Teil II. – Bad Emser Hefte, VGDL Bad Ems, **53**: 36 S., **54**: 32 S.; Bad Ems.

Herbst, F. & Müller, H. (1993): Raum und Bedeutung des Emser Gangzuges, 1. Teil und 2. Teil. – Bad Emser Hefte, VGDL Bad Ems, **115**: 1-39, **116**: 40-77; Bad.Ems.

Hertel, L. (1966): Die Fremdelementführung der Bleiglanze als Hilfe zur Bestimmung der Bildungstemperatur. – Erzmetall, **19**/12: 632-635; Stuttgart.

HRABÁNEK. J. (2002): Mögliche Silberquellen für die Prägung von Prager Groschen im Mittelalter. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **123**; 105-124; Wiesbaden.

JAKOBUS, R. (1993): Untersuchungen zur Genese und Ausbildung der postvaristischen Quarz- und Buntmetallerz-Gänge des Osttaunus. – Dissertation Uni-Frankfurt, 180 S.; Frankfurt/M.

KIRNBAUER, T. (1998a): 2.4.1. Pseudomorphosen- und Kappenquarzgänge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1** (Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge): 176-184; Wiesbaden.

KIRNBAUER, T. (Hrsg.) (1998b): Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1**: 328 S., 8 Taf.; Wiesbaden.

KLOCKMANN, F. (1978): Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 16. Aufl. – 433-442; Stuttgart.

KÖBRICH, C. (1936): Hessische Erzvorkommen, Teil 1: Nichteisenerze. – Handbuch d. Hess. Bodenschätze, **H. 3**: 15-51; Darmstadt.

KUHNIGK, A.M. (2000): Silbergewinnung, Eisenerzbergbau, Dachschieferproduktion – Villmar, Geschichte und Gestalt, 2. Aufl., 155-192; Villmar.

KÜMMERLE, E. (1987): Kurmainzischer Bergbau im Raum Rüdesheim a. Rhein – Presberg. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 365-380; Wiesbaden.

MEYER, F. (1972): Aus der Geschichte des Bergbaues um Weilmünster insbesondere der Grube „Mehlbach". – Bergbaumuseum Weilburg a. d. Lahn, 39-70; Weilburg.

Oberbergamt Bonn (1893): Beschreibung der Bergreviere Wiesbaden und Diez (Königl. Oberbergamt z. Bonn), S. 50ff.; Bonn.

SANDBERGER, F. (1895): Über Blei-und Fahlerzgänge in der Gegend von Weilmünster und Runkel in Nassau. – Z. prakt. Geologie, **3**: 225-227; Berlin.

SCHEID, R. (1994a): Blei-, Zink- und Silber- Bergbau, Übersicht über die Gangzüge an der unteren Lahn. – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 23-24; Bad Ems.

SCHEID, R. (1994b): Der Holzappeler Gangzug mit der „Grube Holzappel". – Bergbau im Rhein-Lahn-Kreis, 46-51; Bad Ems.

SCHEID, R. (1995): 200 Jahre Erzbergbau in der Esterau – Die Grube Holzappel 1751-1952, 68 S.; Holzappel.

SLOTTA, R. (1983): Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland, 4. Der Metallerzbergbau, Teil I u. Teil II; 380-396, 869-979, 1036-1049; Bochum.

SPERLING, H. (1957): Mikroskopische und geochemische Untersuchungen an Mineralkomponenten des Holzappeler Gangzuges. – Erzmetall, **10**/5: 219-225; Stuttgart.

SPRUTH, F. (1974): Die Bergbauprägungen der Territorien an Eder, Lahn und Sieg. – Bergbaumuseum Bochum, **6**: 200 S.; Bochum.

STERRMANN, G. (1990a): Der Bergbau von Altweilnau und Umgebung. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **B 8**: 14 S; Bad Homburg.

STERRMANN, G. (1990b): Fahlerze – Untersuchungen über Fahlerze im Taunus. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **M 6**: 9 S.; Bad Homburg.

STERRMANN, G. (2006): Die Pseudomorphosen-Quarzgänge des Taunus. – Geo-Zentrum, VHS-Bad Homburg, **M 4b**: 9 S.; Bad Homburg.

STERRMANN. G. & HEIDELBERGER, K. (2009a): Die Geologie des Hochtaunuskreises. – Arbeitsgemeinschaft Geologie/Mineralogie im Verein f. Geschichte u. Heimatkunde Oberursel e. V., 56 S., 12 Taf.; Oberursel.

STERRMANN. G. & HEIDELBERGER, K. (2009b): Die Geologie des Hochtaunuskreises. – Arbeitsgemeinschaft Geologie/Mineralogie im Verein f. Geschichte u. Heimatkunde Oberursel e. V., 56 S.,12 Taf.; Oberursel.

STERRMANN, G., DEDERSCHECK, D. & KIRNBAUER, T. (1999): Eine bemerkenswerte Bleimineralisation von Niederselters im Taunus (Bl. 5615 Villmar). – Jb. nass. Ver. Naturkde., **120**: 157-161; Wiesbaden.

STORCH, L. (1859): Die alte Kaisergrube bei Nieder-Mörlen bei Bad Nauheim. – Oberhess. Ges. Natur- u. Heilkunde, 36-40; Gießen.

WAGNER, T., JOCHUM, J. & SCHNEIDER, J. (1998): 2.3.1 Buntmetallerzgänge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb. 1** (Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge): 136-145; Wiesbaden.

WANDELBURG, K. (1993): Bestimmung von Silber in Bleikonzentraten sowie in Werkblei. – Analyse der Metalle, 2. Ergänzungsband zu den Bänden I. Schiedsanalysen und II. Betriebsanalysen (herausgegeben v. Chemikerausschuss d. GDMB), 73-78; Clausthal-Zellerfeld.

WEISBECKER, P.J. (2000): Das Bergwerk Steinergrund bei Rod am Berg (Zur Geschichte des Bergbaus in der Gemarkung Neu-Anspach). – Jb. Hochtaunuskreis, **8**: 164-172: Bad Homburg.

Wenckenbach, F. (1879): Beschreibung des Bergreviers Weilburg. (i. A. d. Königl. Oberbergamts z. Bonn), 176 S.; Bonn.
Werner, P. (1973): Der Taunus und seine Mineralien. – Der Aufschluss, **24**: 413-422; Heidelberg.
Wolter, K.D. (1990): Bergbau in der Gemarkung Weyer. – Weyer – Heimatbuch zur 1200-Jahrfeier, 30-57; Villmar.

Günter Sterrmann
Dillstraße 13
61440 Oberursel
Tel.: 06171/24445
e-Mail: g.sterrmann@t-online.de

Manuskripteingang: 10. Juni 2010